荔浦至玉林高速公路工程全要素对象 BIM 协同设计与施工管理

龙波 彭欣 侯泽群

（广西交通设计集团有限公司，南宁 530029 ）

【摘要】广西荔浦至玉林高速公路是国家高速公路网 G59 的重要组成部分，项目建成之后将完善中国国家高速公路网，促进北部湾经济向北部延伸，提高南北通道通行能力。项目具有规模和空间距离大、地质和地理环境复杂、涉及的区域规划协调关系较多、控制性工程技术复杂等难点。项目方案设计阶段采用 Infraworks 作为核心平台，勘查设计阶段采用 MicroStation 作为核心平台，通过多软件的应用，将道路、桥梁、建筑等数据导入到核心平台中，实现多源数据融合。通过利用 BIM 技术的综合优势逐一解决项目中存在的难点问题，实现从场地勘测到 BIM 协同设计、再到施工管理全过程的 BIM 集成应用，并且在施工阶段自主研发了基于设计 BIM 模型的施工管理系统，实现施工过程的信息化管理。本项目的 BIM 技术应用涵盖了勘测、设计、施工阶段，形成了前期应用、协同设计和施工管理的一套全过程应用流程和方法。

【关键词】BIM；全要素对象；协同设计；施工管理

【中图分类号】TU17　　【文献标识码】A　　【文章编号】

1 工程概况

1.1 项目简介

广西荔浦至玉林高速公路是国家高速公路网呼和浩特至北海（G59）和广西高速公路网规划“6 纵 7 横 8 支线”中“纵 2”重要组成部分，项目起自荔浦县城东北蒙村，接在建汕头至昆明国家高速公路阳朔至鹿寨段，止于玉林市新桥镇，接已建呼和浩特至北海国家高速公路玉林至铁山港段，如图 1 所示，项目主线全长 263.1km。全线采用双向四车道高速公路标准建设，其中荔浦至平南段设计时速 100 公里/小时，平南至玉林段设计时速 120km 公里/h 小时，桥涵设计汽车荷载采用公路-Ⅰ级，其他技术指标按《公路工程技术标准》（JTGB01-2014）执行。互通式立交连接线采用二级公路标准建设。



图 1 项目位置

1.2 工程难点

本项目的主要难点为：

（1）规模和空间距离大，综合管理复杂。项目主线长 263.1km，涉及多个关键节点和部门。在方案阶段需要考虑的自然与人文控制因素众多，从而给方案拟定与比选带来了较大的困难。

（2）项目征地拆迁量大，沿线穿越多个规划区以及与地方道路和铁路的交叉，沟通协调难度大。

（3）控制性工程技术条件复杂。项目包含多个技术复杂特大桥和特长隧道，其中文圩隧道全长 4 705m；相思洲大桥主跨 450m，是广西在建最大跨度的斜拉桥；平南三桥主跨 575m，是世界上在建最大跨度的拱桥。

（4）项目沿线地质和地理环境复杂。项目地处广西地区，山地和丘陵交错，多喀斯特岩溶地貌区域，有较多的不良地质。

2 BIM 组织与应用环境

2.1 BIM 应用目标

针对高速公路工程项目建设的特点，通过应用倾斜摄影、交通组织仿真分析等技术，并结合 BIM 模型的三维方案快速设计和调整、设计优化、动态碰撞检测等优点，逐一解决项目中存在的规模和空间距离大、征地拆迁量大、沿线地质地理环境复杂等难点问题。

【作者简介】龙波（1987-），男，硕士研究生，工程师，主要从事大跨径桥梁设计及 BIM 应用；
彭欣（1988-），男，硕士研究生，工程师，主要从事公路与城市道路设计及 BIM 应用。
侯泽群（1989-），男，本科生，工程师，主要从事桥梁设计及 BIM 应用

2.2 BIM 实施方案与标准

在项目的不同阶段根据工程需求采用不同 BIM 软件平台和不同的模型标准进行 BIM 建模及交付。首先，在项目的方案设计阶段采用 LOD100 的模型精度建立起道路、桥梁、隧道、服务区等建筑 BIM 模型，并采用 Autodesk 的 Infraworks 作为核心平台，通过将不同 BIM 软件设计的模型集成到同一个平台中，形成项目三维大场景展示，并利用 BIM 技术直观地对前期多方案比选进行把控，实现方案的快速调整与多方案并存展示，同时提高设计效率及准确性。

根据高速公路不同要素的复杂程度以及重要性，在方案设计的基础上，勘测设计阶段采用 LOD200～LOD300 的模型精度分别进行详细 BIM 设计。该阶段主要是则采用 Bentley 平台的 MicroStation、PowerCivil、ProStructures 等软件进行详细设计，实现对复杂节点的三维精细化设计、常规桥梁的参数化设计、钢结构的二维出图等。

设计完成后，将重要节点的隧道、桥梁等设计 BIM 模型采用 LOD300～LOD400 满足施工要求的模型精度进行施工阶段的深化设计，然后根据 EBS 编码进行分解，应用到施工过程管理阶段。

2.3 软硬件环境

通过综合考虑不同 BIM 软件平台的优势，针对不同的设计阶段，分别采用 Autodesk 和 Bentley 的软件进行设计建模，如图 2 所示。在方案设计阶段，通过将 SketchUp、Revit、Civil3D 的道路、建筑、桥梁等模型数据导入到 Autodesk 的 Infraworks 平台中，实现多数据融合应用。在深化设计阶段，利用 Bentley 平台的一系列专业软件对道路桥梁进行详细设计。在施工阶段自主研发了基于设计 BIM 模型的施工管理系统。硬件方面采用了多台大内存和高性能图形显卡的工作站、专用储存设备以及航拍使用的无人机等。

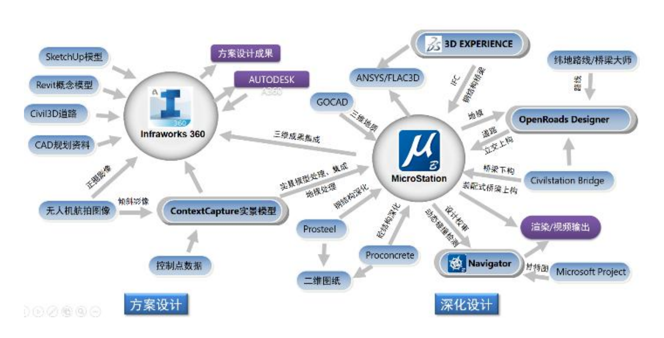


图 2 软件使用框架

3 BIM 在设计和施工中的综合应用

3.1 场地勘测应用

近些年来，倾斜摄影技术在工程领域的应用越来越广泛。倾斜设计测量技术是利用飞行平台搭载多个传感器，分别从垂直、倾斜等角度获取地面同一地物的不同影像[1]。然后再通过专业的软件对影像数据进行处理，从而对地面场景进行重构。在本项目的勘测阶段，通过采用无人机对高速公路沿线进行航拍，获取高分辨率正摄影像，并生成三维实景模型，作为 BIM 设计的基础。在创建三维实景模型的同时还可以快速地创建三维地形曲面，能够解决传统测绘采样点不足的问题，同时减少测绘成本。

此外，对重要控制节点及复杂地质路段建立三维地质模型，通过利用三维地质模型对桥梁基础、隧道结构进行设计，同时还可以通过对高边坡建立三维网格模型，并将其导入到有限元分析软件中进行结构受力分析以及边坡变形分析，为设计提供准确、全面的基础资料。

3.2 方案设计应用

以往在前期阶段由于工程项目的基础资料缺乏和二维图纸表达手段的局限性，经常造成设计方案不能满足需求、方案调整不及时以及与业主之间沟通不畅的局面。在本项目中，通过利用基于 BIM 技术和三维实景模型构建的工程项目三维大场景进行快速的方案设计，通过可视化模型，向决策者传达不同方案设计意图，便于直观地进行方案比选。同时，基于 BIM 技术的参数化建模功能，可以实现对方案的快速调整与优化。

此外，通过 BIM 模型与三维实景模型结合，为项目的选线、优化，耕地的占用和建筑物的征拆提供科学的依据。

3.3 详细设计应用

在深化设计阶段，利用 BIM 技术对项目进行详细设计。通过建立道路横断面模版、快速建立起道路、高大边坡，实现多级边坡并自动分类统计工程量。对于常规桥梁，建立了上、下结构参数化族库，可通过调整不同的参数来适用于不同的跨径和桥位情况，从而提高设计效率。

对于项目控制性节点的特大型桥梁，利用 MicroStation、ProStructures 建立精细化设计 BIM 模型，解决传统二维图纸对复杂异型结构表达不清的问题，并利用三维参数化单元将以往以参数化表格形式表达的斜拉桥索塔钢锚梁进行实体化，如图 3 所示，通过 BIM 技术的可视化优势可以直观地检查参数是否正确，确定钢锚梁各构件尺寸是否存在

矛盾、冲突情况，避免施工过程中的设计变更。

通过专业钢结构软件 Prosteel 对斜拉桥钢混组合梁进行详细设计，利用软件的自动算量、详图功能实现快速统计钢结构的工程量和二维出图。钢混组合梁 BIM 模型建成之后，通过数据导出还可以进行三维数值模拟，实时查看组合梁的受力模型，指导设计与施工，如图 4 所示。

高速公路服务区作为交通形象的窗口，展示某地区高速公路建设水平的高低，其重要作用不亚于高速公路其他任何一个组成部分。高速公路服务区景观规划和设计必须强调与周边生态、自然、人文、经济环境的相互协调[2]。在本项目中，通过 BIM 技术的运用，对服务区的场地布置、总体方案进行优化设计，并基于服务区 BIM 模型进行云渲染，分析不同时段~~不太时段~~建筑物的光照强度，以达到服务区与周边自然环境和谐统一的目的。

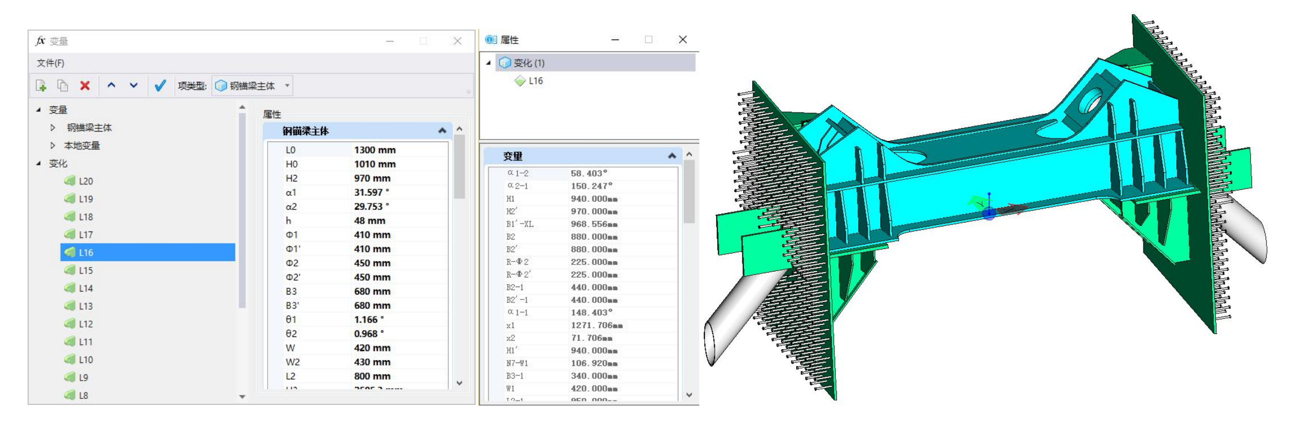
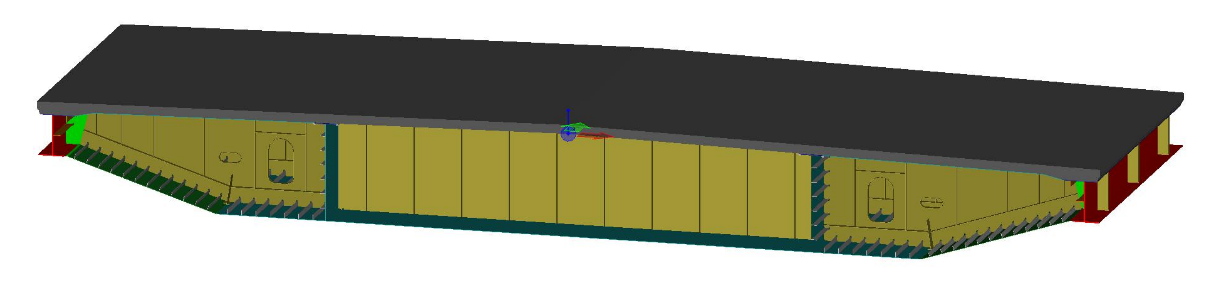
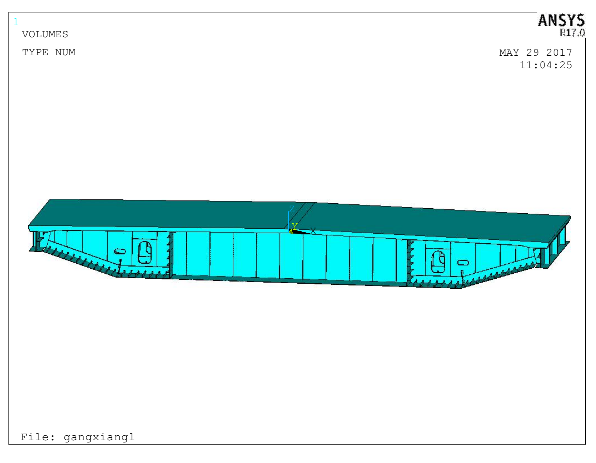


图 3 参数化钢锚梁 BIM 模型





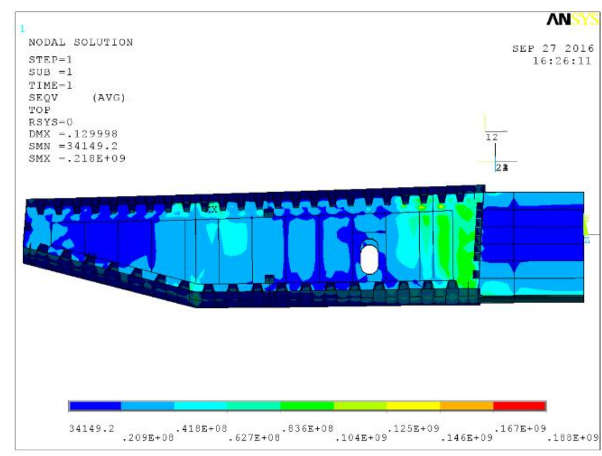


图 4 钢混组合梁数值模拟

3.4 基于 BIM 的施工全过程管理应用

基于 BIM 设计成果，针对复杂结构，可实现三维可视化技术交底，使施工人员更好的理解设计意图，确保施工质量，减少不必要的返工。

在项目施工过程中，基于 BIM 技术，可以对工程项目进行精细化管理。在技术管理方面，可实现技术文件、图纸等材料与 BIM 模型的关联，便于施工人员查找相关资料，实现施工全过程的资料记录、查询和追溯。在工序控制方面，在施工过程中，通过将工序控制要点与 BIM 模型进行关联，实现具体

工程部位卡控过程留痕，保障责任落实到个人，从而达到在施工源头开始控制工程质量的目的。在安全质量管理方面，技术人员可利用 app 将现场的质量安全问题进行上传并与具体工程部位关联，第一时间发现并解决问题。在进度管理方面，我们通过将项目进度计划与 BIM 模型关联，可对项目进行施工进度预演，能够辅助计划的合理编制和复核 。

4 创新点及应用效果

本项目通过 BIM 技术与三维实景及 GIS 的联合应用，实现了高速公路长距离的大场景展示及快速展示项目设计方案及方案优化，并解决了高速公路因规模范围大、沿线地质地理复杂等条件造成的项目难点问题。利用 BIM 模型的快速调整能力及三维实景真实重构项目环境的优势，对项目的枢纽节点进行设计优化，解决项目征地拆迁大、协调沟通困难等问题，如平南西互通。根据项目的需求，方案设计阶段分别提出了半定向变形苜蓿叶互通方案（方案一，如图图 5(a)5.1 所示）和全苜蓿叶互通方案（方案二，如图图 5(b)5.2 所示）两个对比方案。通过利用无人机测量，获取真实的项目环境信息，利用 BIM 软件分别建立起项目周边的高清正摄影像和三维实景模型，并利用 BIM 模型的三维可视化优点进行不同方案的多维比较分析。最终结合征地、拆迁和流量分析等因素综合考虑，选择用地和拆迁最少的半定向变形苜蓿叶互通方案，即方案一。

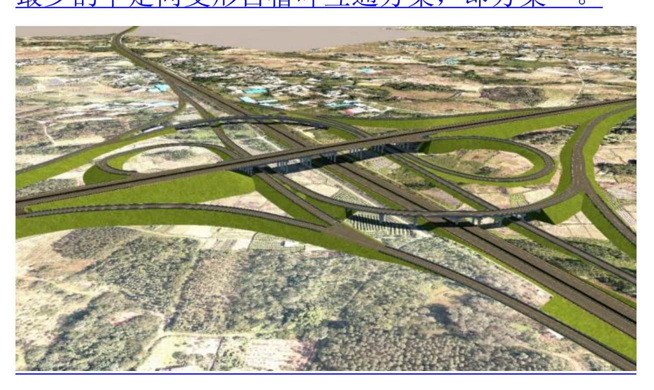


图 5(a) 图 5.1 方案一半定向变形苜蓿叶互通



图 5(.2b) 方案二全苜蓿叶型互通

通过利用无人机测量获得的高清影像和三维实景，可快速识别地质复杂地段是否存在不良地质的情况，解决由沿线地质地理环境复杂给设计带来的困难，避免设计返工，如官塘高架桥，如图 6 所示。通过高清影像、三维实景等资料，分析得出该高架桥处可能处于顺层边坡的不良地质位置，不适合建桥。经过实地勘测证实了该桥位处的不良地质情况，并结合地质情况，最终选择隧道设计方案。



图 6 官塘高架方案优化

本项目在勘测设计、施工等各阶段入手，通过使用利用 BIM 技术开展设计优化、可视化分析、协同设计、施工管理等研究，逐一解决项目中存在的难点问题，最终实现 BIM 技术在公路设计和施工一体化应用，提升高速公路项目设计、施工建设水平。

本项目主要在以下几个方面进行了创新：

（1）公路全要素对象信息集成

本项目中实现了公路工程全要素对象 BIM 设计，并将道路、桥梁、隧道、服务区等要素进行信息集成，设计成果更加直观，合理。，工作效率得到了极大提升。

（2）三维地形航测

本项目实现了高精度三维地形航测，由于传统的人工测量地面线精度不够，经常导致设计方案不合理，施工过程中常常需要变更，而本项目实现了航空摄影和激光雷达测量相结合的方式，测量精度极大提升，而且还节约了时间和人力成本。

（3）BIM 与 GIS 结合实现大场景方案策划和场地分析

在本项目中，通过采用无人机航拍和三维实景建模相结合，如图 5 所示，建立实景模型并集成到核心 BIM 平台来进行分析研究，对方案设计和场地布置提供科学的依据。

（4）跨平台的多源数据融合和共享

基于同一个云数据库，以 BIM 模型为基础，用轻量化数据方式关联工程结构数据、构件对象属性

参数、施工组织计划、施工现场的进度员、设计文档、施工日志、检查记录、施工工法属性等多源数据信息，实现多源数据的融合和共享。基于先进成熟的数据架构方式，通过多个终端管理平台直接对BIM模型关联的所有属性进行管理、检索、修改，并进行文档的版本控制。通过对这些结构化数据和非结构化数据的汇总，进行统一的管理，并提供人性化、易于上手的信息查询方式，提高施工管理能力。~~通过将BIM模型建立在同一个服务器中，可以在网页端、PC端、移动终端同时访问同一个模型，实现了跨平台和跨终端的多源数据融合和共享。~~

（5）设计与施工一体化应用

设计阶段我们可以将BIM三维设计成果转换成二维图纸。同时，根据项目EBS编码将设计模型按照施工习惯拆分并上传到施工管理平台数据库中，将设计成果有效地向施工阶段传递，实现设计施工之间数据的高效转换。~~通过将设计阶段的模型无损传递到施工平台数据库中，实现了BIM设计和施工的无缝衔接。~~从设计源头规划BIM总体应用，基于“一个数据源、一个模型”进行工程项目的BIM实施应用，避免以往项目单个阶段或者局部BIM技术实施的局限性。

（6）基于BIM的施工信息化管理

利用Bentley平台的开放性，基于MicroStation定制开发项目电子沙盘系统，并通过编码关联赋予工程属性，进行三维工程内容管理；通过ContextCapture生成3D Tiles实景模型，并结合开发的Web GIS实现轻量化网页实景和模型信息浏览和共享，实现项目多参与方的BIM 5D施工管理。

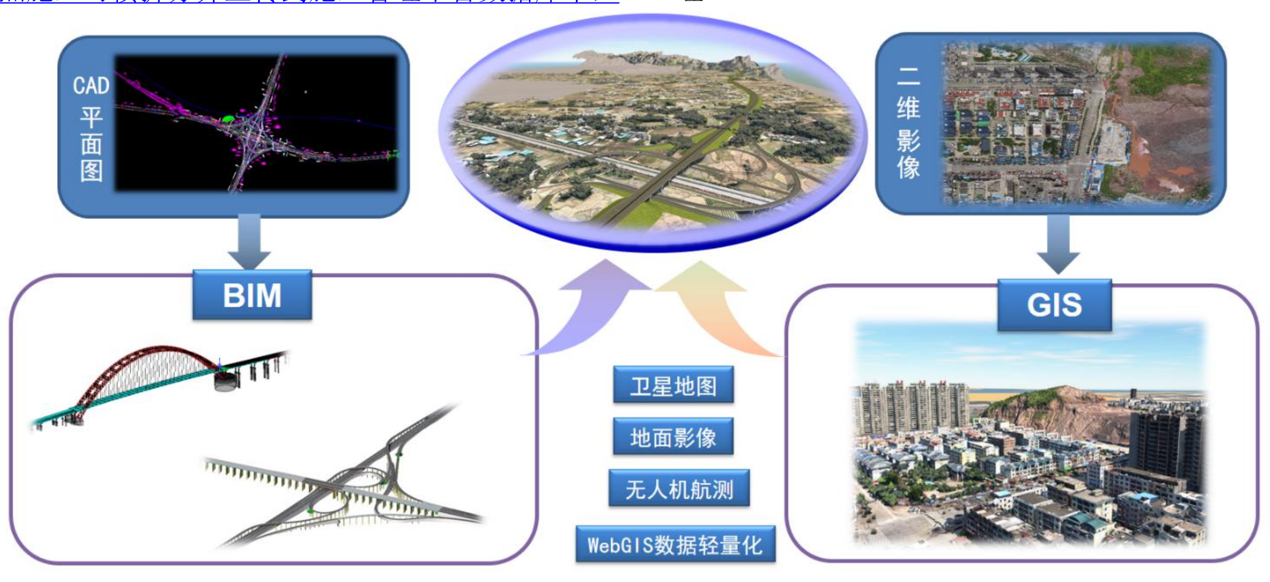


图5 公路项目大场景方案策划和场地分析

5 总结

荔浦至玉林高速公路项目的BIM协同设计与施工管理应用涵盖了项目初期的方案设计、深化设计及施工阶段，实现了公路项目在全要素勘测、设计、施工过程使用BIM技术，形成了前期应用、协同设计和施工管理的一套全过程应用流程和方法。

通过BIM技术在本项目的成功应用，对于提升技术欠发达地区的高速公路项目设计、施工建设水平具有重要的作用，同时为后续实现公路数字化资产管理和养护决策奠定基础。

参考文献

[1]肖雄武. 基于特征不变的倾斜影像匹配算法研究与应用[D]. 西安：西安科技大学，2014.

[2]苏清华，马建荣. 高速公路服务区景观规划及改造对策研究[J]. 公路交通科技（应用技术版），2016（07）：244-246.

BIM-based Collaborative Design and Construction Management of All Elements and Objects in the Lipu-Yulin Expressway Project

Long Bo

(*Guangxi Communications Design Group CO.,Ltd.,Nanning* 530029,*China*)

Abstract：As the key component of the national expressway network G59, Guangxi Lipu-Yulin Expressway will apparently improve the capability of China national expressway network, that can extent the North Bay economy to the north as well, promoting the regional economy. In this project, there are some engineering obstacles from the large scale and spatial distance, the complicated geological and geographical environment, many regional planning coordination relationships, to the complicated control engineering technology, etc. The Infraworks is used as the core platform in the project design phase, and the MicroStation is used as the core platform in the exploration and design phase. First, using the application of a variety of Apps, the data of road, bridges, and building, etc, are imported into the core platform realizing the multi-source data fusion. Then, the comprehensive advantages of BIM technology are applied to solve the aforementioned obstacles in this project one by one, so as that one realizes BIM integration application from the site survey to the BIM collaborative design and then to the whole process of the construction management. In the construction stage, the construction management system based on design BIM model was independently developed to realize the information management of the construction process. The application of BIM technology in this project covers the stages of investigation, design and construction, forms a set of whole process application process and methods of early application, collaborative design and construction management.

Keywords：BIM; Total element object; Collaborative Design; Construction management

作者：龙波，广西交通设计集团有限公司，主要从事大跨径桥梁设计及BIM应用，广西南宁市民族大道153号交通设计大厦 530029，qq117995283,电话15177107578，邮箱117995283@qq.com